

(株) 熊谷組 正会員 池田 弘

(株) 熊谷組 正会員 本田 勉

## 1. 概要

石炭灰（フライアッシュ）は 0.02mm 付近の微細粒子が中心であるが、これを単独で土工材として使用した場合でも締固め性に優れ、良好な施工性を示す。さらにセメント等の少量の結合材添加により安定処理すると、石炭灰のポズラン特性を活かして優れた強度発現性を得ることができるので、土工材としての有効利用が可能である。ただし締固めの最適含水比を越えると急激に泥ねい化する微細粒土特有の性状も有しているので、この点については留意が必要である。

これに対して、粗粒の材料との複合利用により、さらに粒度バランスの良い状態で土工材として使用すれば、強度発現性の向上はもとより、施工時の過湿状態に対する鋭敏性の緩和も期待でき、施工性も大きく向上するものと考えられる。とくに粒度バランスからみて微細粒子が不足している粗粒材と石炭灰とを複合すれば、両者が各々の弱点を相互補完し、極めて有効に複合利用効果を引き出せるものと期待できる。

以下ではこのような粗粒材として、石炭灰と同一地域で発生するローカル材のうち、産業副産物鉋さいから造粒焼結した人工骨材に着目して試験を行った。また、石炭灰も造粒化による施工性の改善、および施工時の粉じん飛散防止のため、安定処理によって既成灰化したものを用いた。

## 2. 試験材料

石炭灰は一般産業の蒸気発生量120t/hボイラから副産されたフライアッシュ（新生灰）に対し、セメント 2%、石膏 1%、水35%を添加混練して3ヶ月間盛土養生により貯蔵したもので、3ヶ月経過時の一軸圧縮強度は5~10kgf/cm<sup>2</sup>である。この固結状態の石炭灰の粒子形状を電子顕微鏡で観察したものが写真1である。ポズラン反応による水和反応生成物が認められ、既成灰化していることが確認できる。これを破碎して10mmふるい通過分を試験に供した。

人工骨材（SR）は徳山コンビナートから副産される鉋さいを造粒焼結して得られる5~10mm程度の比較的均一な粒度を有する球形粒子であって、このままでは締固め性が悪いと判断されたので、これを粉碎して用いた。

新生灰と既成灰、およびSRの粒度分布を比較して図1に示す。既成灰は流水による水洗い（指で潰さない）では崩れない程度に造粒化しており、施工時の粉じん飛散防止対策として有効であることがわかる。ただし、この程度の強度ではミキサーによる混合やランマー

による突固めで破碎され、ほぼ元の微細粒子に戻る。

締固め試験（JIS 1.1. a）の結果を図2に示す。既成灰の最適含水比は新生灰に比して僅かながら乾燥側に移行し、これに

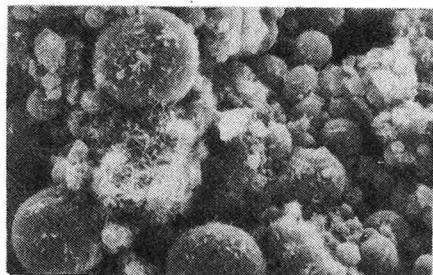


写真1 既成灰の電顕観察

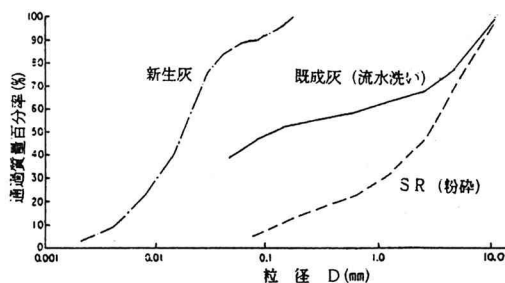


図1 各材料の粒径加積曲線

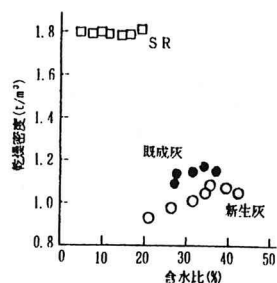


図2 各材料の締固め特性

伴って最大乾燥密度も増加しており、施工性の向上が伺われる。一方のSRは締固め性が悪いために乾燥密度にピークが現れず、締固め時に水が滲出した19%をもって最適含水比と判断した。

3. 試験方法

土工材としての適用性を一軸圧縮強度で評価することとし、試験の要因を次のように設定した。

- ①SRと石炭灰（記号F）の混合比；0, 25, 50, 75, 90, 100%の6水準（内割重量比）
- ②セメント（記号C）添加量；0, 10%の2水準（内割重量比、普通ポルトランドセメント）
- ③石膏（記号G）添加量；0, 20%の2水準（添加材の内割重量比、2水石膏）
- ④含水比；最適含水比の5%乾燥側とする。
- ⑤試験材令；0, 7, 28, 91日とする。
- ⑥養生方法；20℃、封かん養生とする。ただし、材令7日の試験においては7日間封かん養生した場合と、6日間封かん養生後1日間水中養生した場合とを比較し、耐水浸性も検討する。

表1 配合試験表

| セメント量(%)<br>(C+G/F+SR+C+G) | 石膏量(%)<br>(G/C+G) | 混合比(SR/F+SR) (%) |    |    |    |    |     |
|----------------------------|-------------------|------------------|----|----|----|----|-----|
|                            |                   | 0                | 25 | 50 | 75 | 90 | 100 |
| 0                          | 0                 | ①                | ④  | ⑦  | ⑩  |    |     |
| 10                         | 0                 | ②                | ⑤  | ⑧  | ⑪  | ⑬  | ⑭   |
|                            | 20                | ③                | ⑥  | ⑨  | ⑫  |    |     |

供試体は JIS. 1. 1. a法で締固め、φ100mm \* ℓ127mm で強度試験に供した。試験数はn = 2である。以上の組合わせを表1に示す。

4. 試験結果

一軸圧縮強度の試験結果を図3に示す。この結果から次の事項が確認できる。

- ①石炭灰とSRを複合利用することにより、それぞれを単味で使用するより優れた強度発現が得られる。これは特性の異なった2材料が相互を補完しあい、複合利用効果が発揮されたことを意味する。
- ②石炭灰とSRとの複合利用には最適混合比が存在し、SR3に対して石炭灰1の割合が良い。この比率から、石炭灰がSRのバインダー的な役割を担って複合効果が発揮されると推測される。
- ③この最適混合比の場合、材令7日で2倍強、材令91日で約3倍もの強度発現となるので、添加材量が大幅に節減できる。
- ④石膏の添加はSRの混合比が増すと強度増加の割合が小さくなることから、石炭灰の安定処理には有効であるが、SRに対しては効果がないものと考えられる。

また耐水浸性を検討した図4の結果から、石炭灰のバインダーとしての効果は水中では約10%程度減少していることが伺える。とくに、添加材を用いず安定処理による強度発現が得られていない場合には、水中で供試体が崩壊しており、使用に際しては注意を要する点である。

5. 結論

ここではSRを用いたが、このようにローカルに得られる土工材や産業副産物等と石炭灰とを複合利用することにより、併用効果が発揮され、経済的にも有利となる例は数多いと考えられる。

なお本研究には財団法人シーエス振興協会の御協力を得たことを付記し、感謝の意を表する。

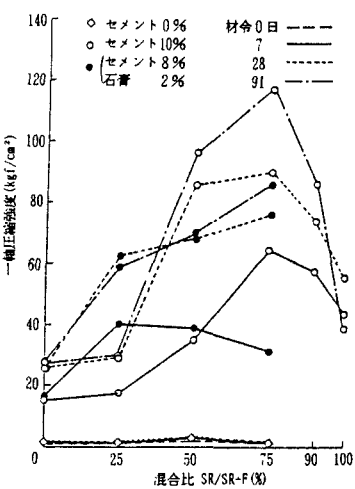


図3 一軸圧縮試験結果

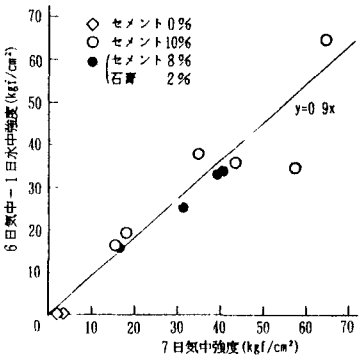


図4 耐水浸性試験結果